

## PEUPELEMENT DE DIATOMÉES ÉPIPÉLIQUES D'UNE SLIKKE DE BRETAGNE NORD.

### IMPORTANCE RELATIVE DU GENRE *COCCONEIS* EHR.

C. RIAUX\* et H. GERMAIN\*\*

RÉSUMÉ. — Dans une étude de la flore épipélique d'une slikke de Bretagne Nord (novembre 1978 à novembre 1979), nous nous sommes intéressés aux successions des espèces dominantes de Diatomées ainsi qu'à l'équilibre qui s'établit, au cours des saisons, entre deux fractions du peuplement : les Diatomées de taille inférieure à 20-30µm (nannophytobenthos) et celles de taille supérieure (microphytobenthos).

Le nannophytobenthos représente une part importante du peuplement, en général supérieure à 50%. Parmi les espèces dominantes, *Navicula gregaria* Donk. et *Navicula phyllepta* Kütz. représentent en moyenne 70% de la densité numérique totale et le genre *Cocconeis* Ehr., dont nous avons recensé 12 espèces, est relativement abondant pendant la période hivernale. Les espèces de plus grande taille, appartenant, en majorité, aux genres *Gyrosigma* Hassal, *Pleurosigma* W. Sm., *Surirella* Turpin, *Navicula* Bory et *Nitzschia* Hassal sont numériquement moins importantes, mais présentent des successions assez marquées. L'évolution de l'indice de diversité illustre la variation saisonnière de la composition du peuplement. Une analyse factorielle des correspondances permet de préciser certains traits caractéristiques de l'évolution de ce peuplement.

SUMMARY. — This paper deals with a study of an epipellic diatom assemblage of an intertidal mud flat in Northern Brittany. The study period extended from november 1978 to november 1979. Seasonal fluctuations of the species composition of this epipelon were characterized by a spring-summer bloom, dominated by small diatoms (nannophytobenthos), and a winter-period dominated by larger diatoms (microphytobenthos).

The nannophytobenthos is very important in this assemblage; often it represents more than 50% of the total frequency in the incidence of the species. Among the dominant species, *Navicula gregaria* Donk. and *Navicula phyllepta* Kütz. represent on an average 70% of the total frequency. The genus *Cocconeis* Ehr., represented here by 12 species, is quite abundant during the winter-period. Species of the microphytobenthos, most of them belonging to the genus *Gyrosigma* Hassal, *Pleurosigma* W. Sm., *Surirella* Turpin, *Navicula* Bory and *Nitzschia* Hassal, are numerically less important, but are characterized by temporal successions. Seasonal fluctuations of the assemblage composition are illustrated by the evolution of the diversity index. A correspondence factorial analysis has been performed to gather more information on the assemblage evolution.

\* Station Biologique, 29211 Roscoff, France.

\*\* Université d'Angers, 49000 Angers, France.

## INTRODUCTION

Certaines Diatomées, appartenant au microphytobenthos, sont capables de se déplacer à la surface ou au sein du substrat; elles peuvent ainsi effectuer des migrations qui sont en relation avec le rythme nyctéméral ou le rythme des marées (FAURÉ-FREMIET, 1951; HOPKINS, 1963; ROUND and PALMER, 1966; HARPER, 1976). Dans les sédiments fins de la zone intertidale, ROUND (1971) a défini comme étant «épipéliques» les Diatomées possédant un système raphéen qui leur permet des déplacements actifs en rapport avec l'alternance jour-nuit, par opposition aux Diatomées épispamniques dont les mouvements sont beaucoup plus lents et qui vivent à la surface des grains de sable (ROUND, 1979). Nous envisageons ici l'évolution d'un peuplement de Diatomées épipéliques d'une slikke de Nord-Finistère, tant du point de vue de la composition spécifique que des abondances numériques relatives.

Parmi les Diatomées susceptibles de migrer, nous nous sommes plus particulièrement intéressés à celles de taille inférieure à 20-30µm, appartenant à ce que l'on pourrait nommer le nannophytobenthos (le terme de microphytobenthos revenant aux Diatomées de taille supérieure). En effet, les Diatomées de petite taille sont numériquement dominantes sur ce site tout au long de l'année. Cette observation est conforme aux résultats antérieurs sur des sites semblables. Les Diatomées de plus grande taille se rencontrent plus généralement dans des sédiments grossiers (ROUND, 1971). De même la diversité spécifique est élevée sur ce site, pendant certaines périodes de l'année, en accord également avec d'autres travaux (CARTER, 1933; DRUM and WEBER, 1966).

Sur le site du Dourduff, le genre *Cocconeis* est particulièrement bien représenté au sein du nannophytobenthos, tant par le nombre d'espèces que par sa densité relative. C'est pourquoi nous avons tenté de suivre l'évolution temporelle des espèces du genre, comparée à celle des autres Diatomées épipéliques. Une évaluation de l'importance relative du nannophytobenthos par rapport au microphytobenthos a également été abordée.

## SITE ÉTUDIÉ

Le sédiment étudié est une vase quartzreuse d'une slikke de mi-marée au débouché du Dourduff (Fig. 1). Cette rivière de Bretagne Nord a un faible débit, de l'ordre de quelques mètres cubes par seconde. Son rôle n'est pas négligeable dans la Baie de Morlaix; en effet, elle contribue à l'enrichissement de cette baie en particules et en sels nutritifs. Le site est naturellement peu pollué, aucune agglomération importante ne se plaçant en amont de cette ria. Par contre les épandages de lisier et d'engrais chimiques dans les champs côtiers contribuent, lors du lessivage des sols en automne et en hiver, à augmenter considérablement le stock d'azote minéral de la ria. Ainsi, nous avons noté en hiver 1976 un taux en nitrate supérieur à 200 mg./m<sup>3</sup> dans une ria voisine (RIAUX, 1977).

La pollution accidentelle par hydrocarbures, consécutive à l'échouage du pétrolier «Amoco-Cadiz» au large de Portsall, a gravement touché les estuaires

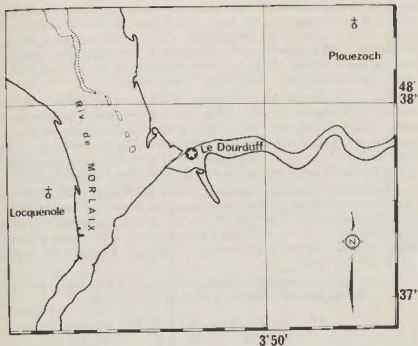


Fig. 1. — Station de prélèvement dans l'estuaire du Dourduff (Nord Finistère).

du Nord-Finistère. Sur le site étudié, les teneurs en hydrocarbures aliphatiques, qui atteignaient plus de 1000 ppm à la fin du mois de mars 1978, étaient encore de l'ordre de 200 ppm en novembre 1978, date à laquelle a commencé la présente étude. En juillet 1979 les teneurs n'excédaient pas 150 ppm. Ceci représente encore 3 fois les valeurs avant la pollution. Notre travail se situe donc à des niveaux de pollution assez bas, mais seule une poursuite des prélèvements permettra de constater des différences dans les successions d'espèces dominantes ou d'éventuels déséquilibres entre le stock des Diatomées épipéliques appartenant au nannophytobenthos et celui des Diatomées de taille supérieure.

### MATÉRIEL ET MÉTHODES

Pour la récolte et la préparation des Diatomées épipéliques, nous avons employé la méthode décrite par EATON et MOSS (1966) et suivie depuis par de nombreux auteurs (HICKMAN, 1978). Elle est basée sur la migration des microphytes sur un support organique (membrane cellulosique) disposé à la surface du sédiment. On peut récolter de cette façon des organismes vivants, mobiles, thigmotactiques et photosensibles. Les supports de migration utilisés (type Lens Tissue 105, Whatman), sont prélevés 24 heures après l'échantillonnage du sédiment, au moment de la plus forte intensité lumineuse naturelle.

Après différents traitements (passage aux acides et dessiccation à l'alcool) on procède à un montage dans une résine de fort indice de réfraction (Hyrax). Les préparations qui servent aux comptages sont observées au microscope Wild M 20 à l'objectif x 100 à immersion. Des photographies sont effectuées au microscope électronique à balayage (SEM) au Centre Océanographique de Bretagne et au microscope électronique à transmission (TEM) à Angers.

Nous avons effectué des prélèvements mensuels de novembre 1978 à novembre 1979, comportant un écrémage des premiers mm de la slikke sur une surface d'environ 40 cm<sup>2</sup>. Par ailleurs, d'autres prélèvements, effectués en parallèle, permettront d'aborder dans un autre travail les dénombrements quantitatifs ainsi que le suivi d'autres paramètres tels les teneurs en chlorophylle a, en phéopigments, en eau, la production primaire et les teneurs en sels nutritifs.

Afin d'obtenir une bonne représentation du peuplement et des valeurs relatives comparables entre prélèvements, nous avons effectué un assez grand nombre de comptages; ainsi, en période de forte diversité spécifique nous avons dénombré de 300 à 700 individus par préparation, tandis qu'en période de faible diversité nous avons poursuivi nos comptages jusqu'à 1000 et parfois même 1500 individus.

Afin de visualiser l'évolution du peuplement au cours du temps, nous avons utilisé l'indice de diversité de Shannon (H) et l'équitabilité (E).

$$H = - \sum \frac{q_i}{Q} \log_2 \frac{q_i}{Q} \quad E = \frac{H}{\log_2 N}$$

où  $q_i$  : effectif de l'espèce  $i$ .

$Q$  :  $\sum q_i$  = nombre total d'individus.

$N$  : richesse spécifique.

L'étude des pourcentages relatifs ( $q_i/Q$ ) des espèces dominantes permet de dégager les successions d'espèces au cours du temps. Enfin, nous avons utilisé l'analyse factorielle des correspondances (BENZEKRI et al., 1973; CORDIER, 1965, in DAGET, 1976; LEGENDRE et LEGENDRE, 1979) qui permet d'établir l'existence de facteurs corrélatifs en fonction desquels évolue le peuplement.

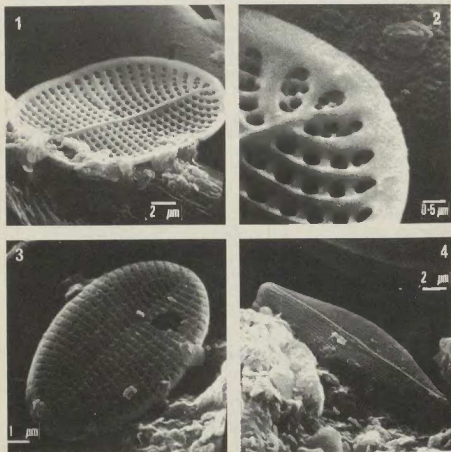
## RÉSULTATS ET DISCUSSION

Tableau 1

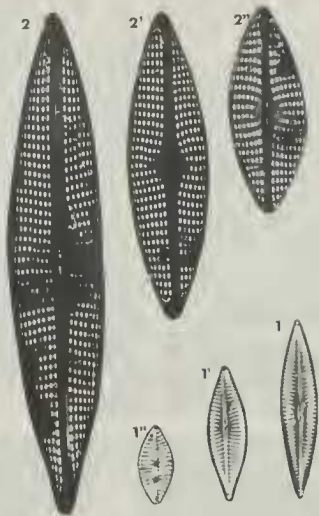
Densités numériques relatives ( $q_i/Q$ ) des Diatomées épipéliques de novembre 1978 à novembre 1979.  $\equiv$  espèces de taille inférieure à 20-30  $\mu$ m (nannophytobenthos).

ESPECES	N°	1978											1979																
		11	12	01	02	03	04	05	06	07	08	08	09	10	11	11	12	01	02	03	04	05	06	07	08	08	09	10	11
<i>Amphiprora</i> sp.	1	5	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2														
<i>Campyloneis grevillei</i>	2	-	1	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-														
<i>Cocconeis britannica</i>	3	-	1	-	1	-	-	-	1	-	-	1	-	1	-														
<i>Cocconeis oostata</i> *	4	3	1	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4														
<i>Cocconeis japonica</i>	5	-	1	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-														
<i>Cocconeis molesta</i>	6	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-														
<i>Cocconeis pinnata</i>	7	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	-	-														
<i>Cocconeis placentula</i> *	8	2	1	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	2	3														
<i>C.plac.v.euglypta</i> 1*	9	2	3	2	3	1	2	1	1	1	1	1	1	2	3														
<i>C.plac.v.euglypta</i> 2	10	4	8	5	3	1	-	-	1	1	1	1	1	2	3														
<i>C.pseudomarginata</i>	11	-	-	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1														
<i>C.quarnerensis</i> *	12	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-														
<i>C.scutellum v.scut.</i> *	13	1	-	1	8	3	5	1	1	1	1	1	1	2	3														
<i>C.scutellum v.parva</i> *	14	17	10	5	8	-	2	2	1	5	1	8	5	11	22														
<i>C.scut.v.stauroneiformis</i> *	15	1	-	1	8	3	5	1	1	1	1	1	1	2	3														
<i>Gyrosigma balticum</i>	16	1	-	2	1	-	1	-	1	1	1	1	1	2	3														
<i>Gyrosigma fauciola</i>	17	2	7	2	-	-	1	-	-	-	1	1	1	1	1														
<i>Gyrosigma littorale</i>	18	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-														
<i>Gyrosigma wansbeckii</i>	19	1	8	4	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1														
<i>Gyrosigma</i> sp.	20	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2														
<i>Navicula gregaria</i> *	21	35	43	27	28	33	37	42	32	33	38	25	14	17	17														
<i>Navicula phyllepta</i> *	22	14	5	7	19	45	48	50	55	59	51	55	75	48	28														
<i>Navicula pygmaea</i>	23	1	3	15	2	1	1	1	3	1	1	2	1	2	2														
<i>Nitzschia acuminata</i>	24	1	1	4	3	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1														
<i>Nitzschia epithemioides</i> *	25	1	-	-	-	-	-	-	5	1	1	1	1	1	1														
<i>Nitzschia sigma</i>	26	1	-	8	7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1														
<i>Orthoneis splendida</i>	27	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	1														
<i>Pleurosigma angulatum</i>	28	3	7	7	1	-	1	-	1	1	1	1	1	1	1														
<i>Podocira</i> sp.	29	-	-	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1														
<i>Rhaphoneis surirella</i> *	30	1	1	1	1	-	-	-	1	1	1	1	1	1	1														
<i>Scolioptera tumida</i>	31	-	-	2	1	-	-	1	1	1	1	1	1	1	1														
<i>Seoliotropis latestriata</i>	32	1	-	5	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1														
<i>Surirella germa</i>	33	-	-	8	4	1	2	1	-	-	1	1	1	1	1														
<i>Surirella ovata</i>	34	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	1	-	-	1														

Au cours des 12 mois d'étude sur le site, nous avons recensé une trentaine d'espèces (tableau I) sans tenir compte des espèces occasionnelles. Les Diatomées les plus fréquemment rencontrées dans le nannophytobenthos sont : *Navicula gregaria* (Pl. 1), *N. phyllepta* (pl. 2), *Cocconeis scutellum* var. *parva*, une forme de *C. placentula* var. *euglypta* et *C. scutellum* var. *stauroneiformis*. Parmi les Diatomées de plus grande taille on peut citer : *Gyrosigma wansbeckii*, *G. fasciola*, *G. balticum* (Pl. 3), *Navicula pygmaea*, *Pleurosigma angulatum*, *Surirella gemma* (pl. 3), *Nitzschia sigma* et *N. acuminata* (pl. 3).

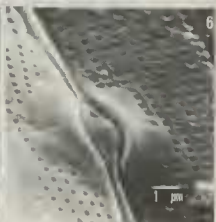
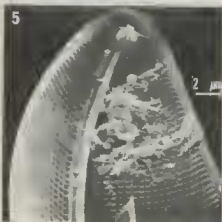
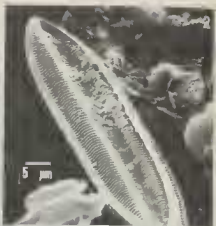


Pl. 1. — Espèces du nannophytobenthos (SEM). 1 et 2: *Cocconeis scutellus* (vue interne, valve dépourvue de raphé); 3: *Cocconeis placentula* var. *euglypta* (vue externe, valve dépourvue de raphé); 4: *Navicula gregaria*.



Pl. 2. - 1, 1', 1'' : *Navicula phyllepta*, x 2000 (LM), 2, 2', 2'' : *Navicula phyllepta*, x 5000 (TEM).

Les Diatomées du nannophytobenthos représentent, excepté en janvier, plus de 50% du peuplement et atteignent jusqu'à 79% en septembre 1979 (fig. 2). *Navicula gregaria* est présente tout au long de l'année, mais elle ne montre pas de cycle annuel marqué. Elle représente à elle seule en moyenne 30% du peuplement. Une deuxième *Navicula* de taille inférieure à la précédente, *N. phyllepta*, pullule pendant les mois d'été et régresse en hiver. Il s'agit d'une espèce plus variable que *N. gregaria*, correspondant bien au type représenté





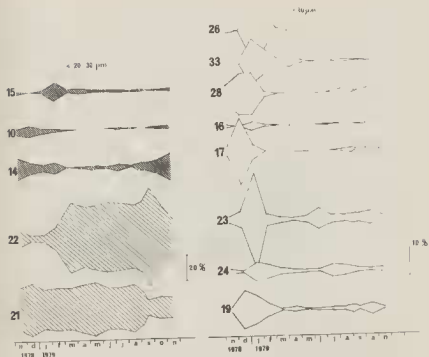


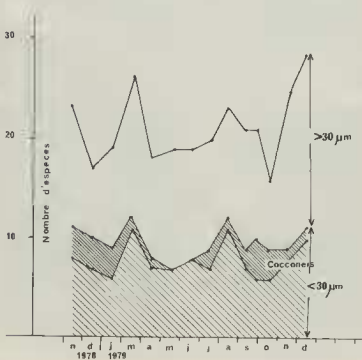
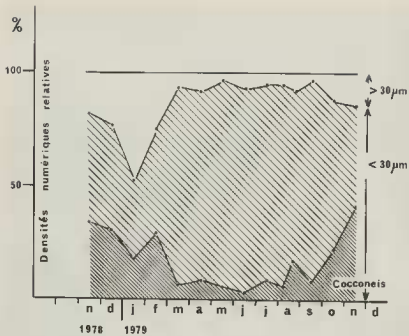
Fig. 2. — Successions dans le temps des espèces dominantes. En hachuré; espèces du nannophytobenthos. En hachuré foncé; *Cocconeis* (voir tableau 1 pour la liste des espèces).

dans le Synopsis de Van HEURCK (Pl. 8, fig. 40) mais d'individus assez petits et variables ne dépassant pas  $27\mu\text{m}$  de long et comptant 18 à 20 stries en  $10\mu\text{m}$ . Un certain équilibre se dessine entre les effectifs relatifs de ces deux *Navicules*.

Le genre *Cocconeis*, représenté par 12 espèces, est également important sur le plan de la fréquence relative, grâce à la prolifération des petites espèces telles *C. scutellum* var. *parva*, une forme de *C. placentula* var. *euglypta* et *C. scutellum* var. *stauroneiformis*.

Parmi les Diatomées du microphytobenthos, 3 espèces sont présentes tout au long de l'année; *Gyrosigma wansbeckii*, *Nitzschia acuminata* et *Navicula pygmaea*. Elles présentent cependant un maximum hivernal. De décembre à mars, 5 espèces ayant une fréquence relative égale ou supérieure à 5% pour certains prélèvements se succèdent (fig. 2).

Pl. 3. Espèces du microphytobenthos (SEM). 1: *Scoliotropis latestriata*. 2: *Nitzschia acuminata*; 3: *Suriella gemma* (vue interne); 4: *Suriella gemma* (vue externe); 5: *Gyrosigma balticum*, apex (vue interne); 6: *Gyrosigma balticum*, détail du nodule central (vue interne).



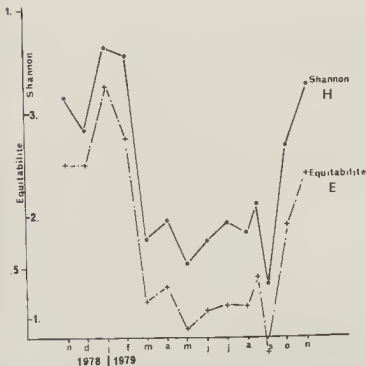


Fig. 3. Variations saisonnières de la densité numérique relative du peuplement. En hachuré : les espèces du nannophytobenthos.

Fig. 4. — Variations saisonnières de la richesse spécifique du peuplement. En hachuré : les espèces du nannophytobenthos.

Fig. 5. — Variations saisonnières de l'indice de diversité de Shannon (H) et de d'équitabilité (E).

Il existe un déséquilibre entre les densités numériques relatives du nannophytobenthos et du microphytobenthos. Les petites formes prédominent toute l'année et plus spécialement en été (Fig. 3). L'évolution des *Cocconeis* semble complémentaire sinon inverse de celle des autres Diatomées de taille inférieure à 20-30 $\mu$ m. Par contre on remarque un certain équilibre entre les nombres d'espèces appartenant aux deux classes de taille différente (Fig. 4). Par ailleurs le genre *Cocconeis* est bien représenté en hiver et régresse en été. Le graphique représentant les variations de la diversité spécifique au cours du temps (Fig. 5) permet d'expliquer cet apparent désaccord. De mars à septembre l'indice de diversité de Shannon (H) chute, ceci en raison de la dominance de *Navicula phyllepta*. La diversité est alors faible et correspond à un peuplement jeune, composé d'un petit nombre d'espèces dominantes, mais à croissance probable-

ment rapide. Faisant suite à cette poussée, de nombreuses espèces apparaissent sans dominance marquée de l'une d'entre elles. C'est un peuplement de plus grande maturité. Ce schéma s'observe classiquement dans le domaine du phytoplancton (MARGALEF, 1956; GRALL et JACQUES, 1964). Étant donné le retour, en automne 1979, à un état proche de celui observé à même époque en 1978, on peut faire l'hypothèse que la diminution prononcée de la diversité spécifique est consécutive à une fluctuation saisonnière et non à une perturbation extérieure à long terme, telle que la pollution par hydrocarbures.

L'analyse factorielle des correspondances met en évidence l'existence de facteurs explicatifs en fonction desquels se distribuent les données transformées. Si l'on considère la projection du nuage de points sur le plan défini par les axes F1 et F2 (Fig. 6), on remarque une succession cohérente des mois, formant un cycle, avec retour à l'état initial. On distingue cependant 2 pôles : les mois d'été sont regroupés et ne sont représentés que par très peu d'espèces (*Navicula phyllepta* et *Nitzschia epithemioides*) tandis que les mois d'hiver sont représentés par de nombreuses espèces appartenant en majorité au microphytobenthos (*Gyrosigma wansbeckii*, *Pleurosigma fasciola* et *Navicula pygmaea*). Le facteur F1 peut donc être interprété comme étant représentatif de la dimension temporelle. La succession des espèces au cours des saisons est marquée par la dominance de l'espèce *Navicula phyllepta*, en été, dont le pourcentage d'explication dans la définition marque bien également la position des espèces appartenant au nannophytobenthos, regroupées autour des mois d'été et d'automne, tandis que les espèces de plus grande taille dominent en hiver.

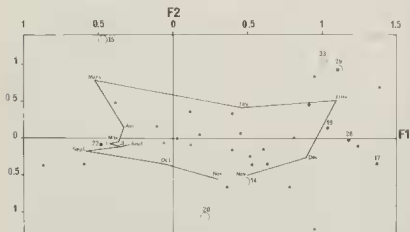


Fig. 6. Analyse factorielle des correspondances. Plan F1-F2. • Contribution absolue supérieure à 5% sur F1. ○ Contribution absolue supérieure à 5% sur F2 (voir tableau 1 pour la liste des espèces).

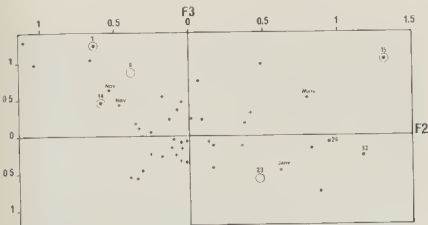


Fig. 7. — Analyse factorielle des correspondances, Plan F2-F3. • Contribution absolue supérieure à 5% sur F2. ○ Contribution absolue supérieure à 5% sur F3 (voir tableau 1 pour la liste des espèces).

Le facteur F2 matérialiserait la contribution de certaines espèces à la phase de transition marquant le passage de l'été à l'hiver. En effet *Cocconeis scutellum* var. *stauroneiformis* et *Surirella gemma* dont les contributions absolues sont importantes pour cet axe, peuvent être considérées comme des espèces-relais entre les espèces hivernales et estivales. Enfin, si nous examinons la projection du nuage de points sur le plan F2 et F3 (Fig. 7), le mois de novembre et les *Cocconeis* qui lui sont associées expliquent en grande partie la position de l'axe F3. Ce dernier facteur pourrait également matérialiser l'abondance relative des autres espèces que *Navicula gregaria* et *N. phyllepta*.

### CONCLUSIONS

Le peuplement colonisant la slikke au débouché du Dourduff est très semblable à celui décrit par CARTER (1933) sur les rives de l'Avon. Les successions saisonnières des plus grandes espèces coïncident avec celles observées sur notre site. Ce peuplement a également des points communs avec ceux étudiés dans la rivière Dee (ROUND, 1960), en Allemagne du Nord (HUSTEDT, 1939; BROCKMANN, 1950 in ROUND 1960) et sur la rive atlantique des U.S.A. (DRUMM & WEBBER, 1966). Ceci montre le caractère ubiquiste de ces espèces, pour des sédiments estuariens de biologie comparable.

Cependant, des différences apparaissent au niveau de certaines espèces de petite taille. En effet, CARTER (1933) ne cite pas de *Cocconeis* bien que la plupart des auteurs décrivent les espèces appartenant à ce genre comme faisant partie du périphyton (DRUMM & WEBBER, 1966; SILVER, 1977; BELANGER

& CARDINAL, 1975). ROUND (1960) souligne que les Monoraphidineae sont rares dans la rivière Dee et qu'elles sont confinées à la partie haute de la slikke où elles vivent en épiphytes. Pourtant, le peuplement épipélique étudié ici comporte, surtout en hiver, un pourcentage non négligeable de *Cocconeis* de petite taille. Le mode de récolte par migration (EATON & MOSS, 1966) permet cependant d'écarter l'hypothèse selon laquelle ces organismes pourraient provenir de la banquette à Salicorne voisine, après destruction de la matière organique et remise en suspension des frustules par le jeu des marées. Par ailleurs, AMSPOKER & Mc INTIRE (1978), sur la rive Pacifique des U.S.A., ont également récolté de très nombreuses espèces de *Cocconeis* dans des sédiments intertidaux.

La flore épipélique du Dourduff présente une évolution saisonnière bien marquée, avec une succession d'espèces du microphytobenthos en hiver, quelques espèces-relais au printemps et une pullulation d'un nombre limité d'espèces du nannophytobenthos durant les mois d'été. AMSPOKER & Mc INTIRE (1978) n'observent pas de telles variations saisonnières. Ils expliquent cette situation par le fait que le sédiment a un meilleur pouvoir de rétention d'eau qu'un substrat dur et qu'il est toujours saturé en sels nutritifs, ce qui entraîne une certaine stabilité du peuplement. Cependant, les marnages exceptionnels rencontrés en Manche Occidentale, atteignant 10 m à Roscoff, imposent aux berges vaseuses des temps d'exondation très longs. Ainsi les sédiments intertidaux sont soumis à des conditions restrictives, en relation avec les facteurs du milieu : dessiccation et chocs thermiques importants en été, brusques dessèchements en hiver... Ces conditions, qui suivent le rythme des «saisons hydrologiques» de la région (RIAUX, 1977), peuvent être à l'origine des compétitions interspécifiques et des déséquilibres observés entre les stocks de Diatomées du microphytobenthos et du nannophytobenthos.

On note cependant une dominance marquée, durant toute l'année, des Diatomées de petite taille et plus particulièrement des Navicules, famille spécifiquement inféodée aux sédiments (GERMAIN, 1936) et dont les espèces présentes ici, *Navicula phyllepta* et *N. gregaria*, sont caractéristiques de milieux estuariens (Mc INTIRE, 1973).

#### REMERCIEMENTS

Nous remercions le Dr. J. R. GRALL pour ses nombreuses suggestions, le Dr. D. DES BRUYERES pour la réalisation des photographies au microscope à balayage, J.L. DOUVILLÉ et C. LEROUX pour les traitements mathématiques.

#### RÉFÉRENCES

- AMSPOKER M.C., Mc INTIRE C.D., 1978 — Distribution of intertidal diatoms associated with sediments in Yaquina estuary, Oregon. *J. Phycol.* 14 : 387-395.
- BELANGER C., CARDINAL A., 1975 — Le genre *Cocconeis* Ehr. dans la Baie des Chaleurs (Golfe du Saint-Laurent, Québec). *Naturaliste can.* 102 : 605-607.
- CARTER N., 1933 — A comparative study of the alga flora of two salt marshes. Part II.

- J. Ecol.* 21 : 128-208.
- DAGET J., 1979 — Les modèles mathématiques en écologie. Masson, Paris, viii-172 p.
- DRUM R.W., WEBBER E., 1966 — Diatoms from a Massachusetts Salt Marsh. *Bot. Mar.* 9 : 70-77.
- EATON J.W., MOSS B., 1966 — The estimation of numbers and pigment content in epipellic algal populations. *Limnol. Oceanogr.* 11 : 584-595.
- FAURE-FREMIET E., 1951 — The tidal rhythm of the Diatom *Hantzschia amphioxys*. *Biol. Bull.* 100 : 173-177.
- GERMAIN H., 1936 — Les lieux de développement et de multiplication des Diatomées d'eau douce. *Bull. Soc. Sci. nat. Ouest Fr.* 6 : 1-200, 16 pl.
- GRALL J.R. & JACQUES G., 1964 — Étude dynamique et variations saisonnières du plancton de la région de Roscoff. I. *Cah. Biol. mar.* 5 : 423-455.
- HARPER M.A., 1976 — Migration rhythm of benthic diatom *Pinnularia viridis* on pond silt. *N. Z. J. mar. Fresh water Res.* 10 : 381-384.
- HICKMANN M., 1978 — Ecological studies on the epipellic algal community in five prairie-parkland lakes in central Alberta. *Can. J. Bot.* 56 : 991-1009.
- HOPKINS J.T., 1963 — A study of the diatoms of the ouse estuary, Sussex, I; the movement of the mud flat diatoms in response to some chemical and physical change. *J. mar. biol. Assoc. U.K.* 43 : 653-663.
- LEGENBRE L. & LEGENBRE P., 1979 — Écologie numérique. Tome II: La structure des données écologiques. Masson. Québec. xiii 247 p.
- MARGALEF R., 1956 — Información y diversidad específica en las comunidades de organismos. *Inv. Pesq.* 3 : 99-106.
- Mc INTIRE C.D., 1973 — Diatom associations in Yaquina estuary, Oregon; a multivariate analysis. *J. Phycol.* 9 : 254-259.
- RIAUX C., 1977 — Contribution à l'étude de facteurs déterminant l'évolution de la biomasse phytoplanctonique dans l'estuaire de la Penzé (Nord Finistère). Évolution comparée des phénomènes dans l'eau et les sédiments sous-jacents. Thèse 3ème cycle. Paris, 137 p. et annexes.
- ROUND F.E., 1960 — The diatom flora of a salt marsh on the river Dee. *New Phytol.* 59 : 332-348.
- ROUND F.E., 1971 — Benthic marine diatoms. *Oceanogr. mar. Biol. Ann. Rev.* 9 : 83-139.
- ROUND F.E., 1979 — A diatom assemblage living below the surface of intertidal sand flats. *Mar. Biol.* 54 : 219-223.
- ROUND F.E., PALMER J.D., 1966 — Persistent, vertical-migration rhythms in benthic micro-flora. Field and laboratory studies on diatoms from the banks of the river Avon. *J. mar. biol. Assoc. U.K.* 46 : 191-214.
- SILVER P.A., 1977 — Comparison of attached diatom communities on natural and artificial substrates. *J. Phycol.* 13 : 402-406.
- VAN HEURCK H., 1885 — Synopsis des Diatomées de Belgique. Anvers.